



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06239637 A**(43) Date of publication of application: **30.08.94**

(51) Int. Cl.

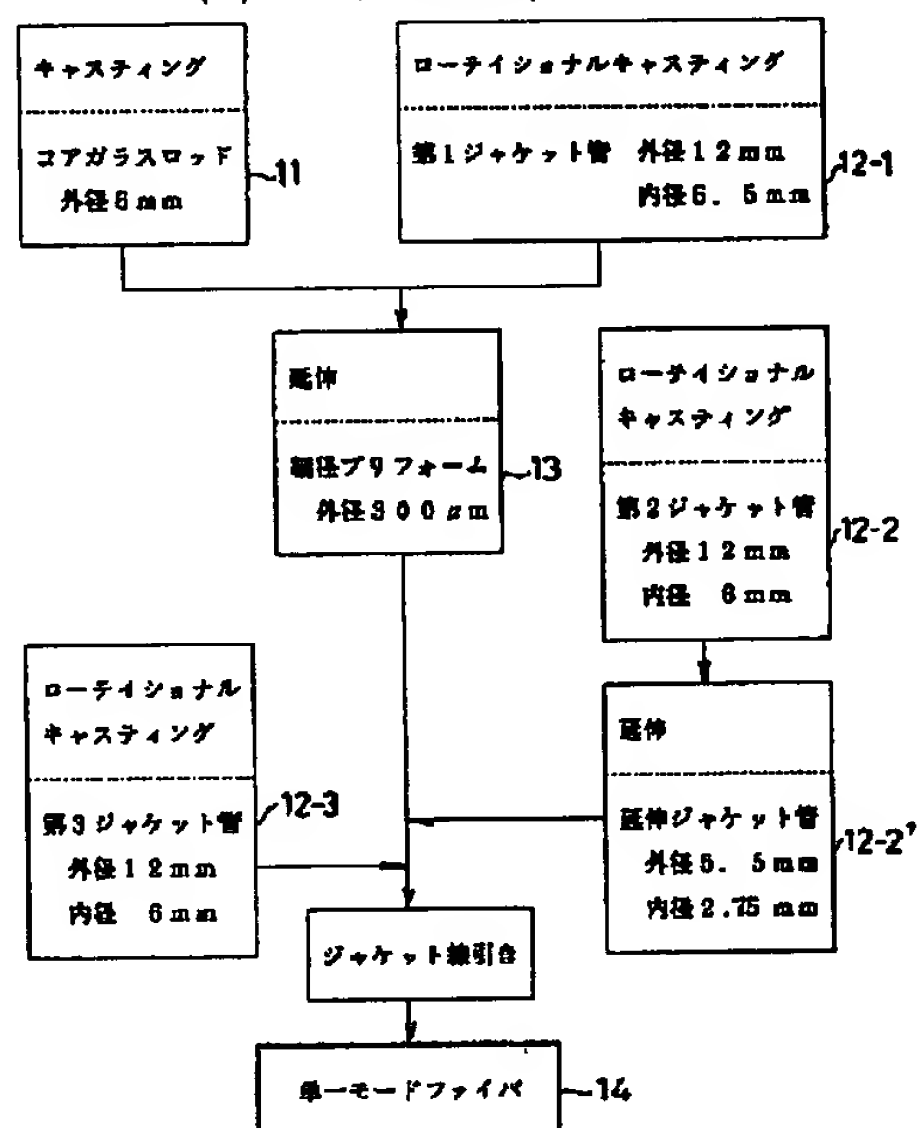
**C03B 37/012**  
**G02B 6/00**(21) Application number: **05025057**(22) Date of filing: **15.02.93**(71) Applicant: **NIPPON TELEGR & TELEPH  
CORP <NTT>**(72) Inventor:  
**FUJIURA KAZUO**  
**OISHI YASUTAKE**  
**SUDO SHOICHI**  
**KANAMORI TERUHISA**  
**TERUNUMA YUKIO**  
**NISHIDA YOSHITAKE**  
**MORI ATSUSHI**(54) **PRODUCTION OF OPTICAL FIBER**

## (57) Abstract:

**PURPOSE:** To produce a unit mode optical fiber having a core of small diameter and little optical loss in the production of fluoride optical fibers.

**CONSTITUTION:** A core glass rod 11 and a jacket tube 12 are separately produced. The core glass rod 11 is inserted into a first jacket tube 12-1 and a fine diameter preform 13 having a core clad structure is produced by drawing. The fine diameter preform 13 is inserted into a second jacket tube 12-2 or a drawn jacket tube 12-2', the jacket tube 12-2 or 12-2' is further inserted into a third jacket tube 12-3 and the jacket tube 12-3 is subjected to drawing together with the inner tubes and the core. In this invention, the rod and the jacket tubes are separately produced and the drawing of the tube is repeated to enable the production of a fluoride optical fiber having a thin core size. Since the core/clad interface is free from reheating, the produced fluoride optical fiber is free from a scattering loss caused by crystallization.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&amp;Japio



5/7

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-239637

(43) 公開日 平成6年 (1994) 8月30日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>

C 0 3 B 37/012

G 0 2 B 6/00

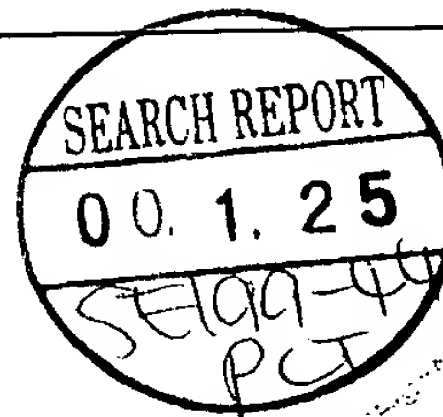
識別記号

A

庁内整理番号

3 5 6 A 7036-2K

F I



技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平5-25057

(22) 出願日 平成5年 (1993) 2月15日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 藤 浦 和 夫

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 大 石 泰 丈

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 須 藤 昭 一

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 磯野 道造

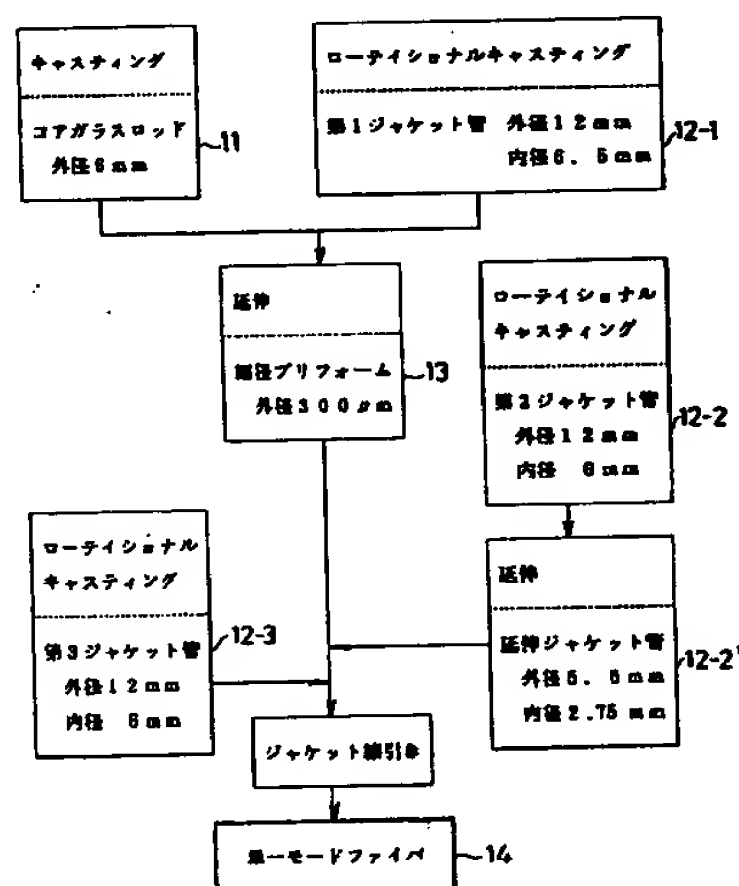
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバの製造方法

(57) 【要約】

【目的】 フッ化物光ファイバの製造方法において、コア径が小さく、損失の低い単一モード光ファイバを作製できるようにする。

【構成】 コアガラスロッド11とジャケット管12をそれぞれ別個に作製し、コアガラスロッド11を第1ジャケット管12-1に挿入し、延伸によりコア・クラッド構造を有する細径プリフォーム13を作製する。この細径プリフォーム13を第2ジャケット管12-2あるいは延伸ジャケット管12-2'に挿入し、さらにこれらを第3ジャケット管12-3に挿入して線引きを行う。ロッドとジャケット管を別に作製し、ジャケット延伸を繰り返すため、コア径の細いフッ化物光ファイバを作製でき、またコア/クラッド界面が再加熱されず、結晶化による散乱損失が発生しない。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 コア材とクラッド材からなるフッ化物光ファイバを作製する製造方法において、(a) 溶融したフッ化物ガラス原料を鋳型に注入し、コア組成のフッ化物ガラスロッドを作製する工程と、(b) クラッド組成のフッ化物ガラス管を前記フッ化物ガラスロッドと別個に作製する工程と、(c) フッ化物ガラスロッドをフッ化物ガラス管に挿入し、延伸することにより、コア・クラッド構造を有するプリフォームを作製する工程と、(d) (a)工程のフッ化物ガラスロッドを延伸した細径プリフォーム、あるいは前記(c)工程のコア・クラッド構造を有するプリフォームを、さらにフッ化物ガラス管に挿入して線引きする工程と、を備えていることを特徴とする光ファイバの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、フッ化物光ファイバの製造方法に関し、特にコア径が小さく損失の低い単一モード光ファイバの製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】  $ZrF_4$ - $BaF_2$  系を主体とするフッ化物ガラスの光ファイバは、石英系光ファイバと比較して光の透過特性が広く、近赤外領域における伝送損失が理論上極めて低いことなどから、近年、注目されている。これらフッ化物ガラスは、通常の酸化物ガラスに比べると結晶化しやすいため、急冷による結晶化を防止する必要がある。フッ化物光ファイバの作製には、石英系光ファイバとは異なる手法が開発されている。これまでのフッ化物光ファイバ用の母材の作製方法としては、ビルドインキャスト法、サクシオン法、二層融液法、ローテシヨナルキャスト法があった。

【0003】ビルドインキャスト法(特許第1345722号)は、円筒状の鋳型にクラッド組成のガラス融液をキャストし、中央部が固化しない状態で中央部の融液を流し出し、その中央部へコア融液をキャストすることによって母材を作製する方法である。

【0004】サクシオン法(特開昭63-11535号)は、円筒状鋳型にまずクラッド融液をキャストし、さらに連続してコア融液をキャストし、クラッド融液が固化する際の体積収縮を利用して中央部にコア融液を導入し、母材を作製する方法である。

【0005】二層融液法(特許第1438419号)は、円筒状鋳型にまずクラッド融液をキャストし、さらに連続してコア融液をキャストし、クラッド融液が固化する前に底を抜いてクラッド融液を流出させ、同時にコアガラスを中心部に導入する方法である。

【0006】一方、コア/クラッド径比が長手方向に均一な母材の作製方法として、ローテシヨナルキャスト法(D. C. Tran et al., Electron. Lett. vol 18, p. 59(1982))が提案されている。この方法は、円筒状鋳型を

回転しつつクラッドガラス融液を鋳型内部へ流し込み、遠心力により中空円筒状のクラッドガラスパイプを作製し、その後、中央部へコアガラス融液を流し込むことによって母材を作製する方法である。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、これらの母材作製法では、いずれもクラッド融液をキャストした後、コア融液をキャストするため、クラッドガラスが再加熱され、作製された母材のコア/クラッド界面のクラッド側に結晶体が生じ、これが光の散乱損失を引き起こすために、低損失光ファイバが作製できないという欠点があった。さらに、これらの方法ではコア融液はクラッドガラス層を介して冷却されるため、十分な冷却速度が得られず、コアガラス中にも結晶体が生じるという欠点があった。

【0008】また、細径のコアを有するファイバの作製法には、上記方法で作製した導波構造を有する母材を上記ローテシヨナルキャスト法で作製したクラッドガラス組成のガラス管に挿入し、延伸を繰り返した後、線引きすることによって作製する方法があった。

【0009】この方法では、延伸の際、母材の再加熱を繰り返すため、この工程中に母材のコア/クラッド界面およびコア内に存在する結晶核あるいは微結晶が成長し、散乱損失が増加するという欠点があった。特に、コアガラス中にPr、Er等の希土類元素を添加した光増幅用ファイバにおいては、光増幅特性を向上させるために極めて細径のコアが要求されるため、上記問題が顕在化している。

【0010】この発明は、前述のような事情に鑑みてなされたもので、その目的は、母材の作製工程で生じる結晶核あるいは微結晶の発生および成長を最小限に抑えることができ、損失が低く、コア径の小さいフッ化物光ファイバを作製することのできる製造方法を提供することにある。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】 この発明は前記目的を達成するために、次のような構成とした。即ち、コア材とクラッド材からなるフッ化物光ファイバを作製する製造方法を次の工程から構成する。

- (a) 溶融したフッ化物ガラス原料を鋳型に注入し、コア組成のフッ化物ガラスロッドを作製する工程。
- (b) クラッド組成のフッ化物ガラス管を前記フッ化物ガラスロッドと別個に作製する工程。
- (c) フッ化物ガラスロッドをフッ化物ガラス管に挿入し、延伸することにより、コア・クラッド構造を有するプリフォーム(細径プリフォームあるいは太径の母材)を作製する工程。
- (d) (a)工程のフッ化物ガラスロッドを延伸した細径プリフォーム、あるいは前記(c)工程のコア・クラッド構造を有するプリフォームを、さらにフッ化物ガラス管に

3

挿入して線引きする工程。この工程は少なくとも1回行う。

【0012】さらに、より具体的には、次のような各態様を採用できる。

- ① フッ化物ガラスロッドを1本、フッ化物ガラス管を3本作製する。
- ② フッ化物ガラスロッドを第1フッ化物ガラス管に挿入し、延伸して細径プリフォームを作製する。
- ③ 細径プリフォームを第2フッ化物ガラス管あるいはこれを延伸した延伸フッ化物ガラス管に挿入する。
- ④ 内部に細径プリフォームを有する第2フッ化物ガラス管あるいはこれを延伸した延伸フッ化物ガラス管を、第3フッ化物ガラス管に挿入して線引きする。

【0013】① フッ化物ガラスロッドを1本、フッ化物ガラス管を3本作製する。

- ② フッ化物ガラスロッドを第1フッ化物ガラス管に挿入し、延伸して比較的太径の母材を作製する。
- ③ 母材を第2フッ化物ガラス管に挿入して延伸する。
- ④ 母材を内部に有する第2フッ化物ガラス管を、第3フッ化物ガラス管に挿入して線引きする。

【0014】① フッ化物ガラスロッドを1本、フッ化物ガラス管を2本作製する。

- ② フッ化物ガラスロッドを延伸して細径プリフォームを作製する。
- ③ 細径プリフォームを第1フッ化物ガラス管あるいはこれを延伸した延伸フッ化物ガラス管に挿入する。
- ④ 内部に細径プリフォームを有する第1フッ化物ガラス管あるいはこれを延伸した延伸フッ化物ガラス管を、第2フッ化物ガラス管に挿入して線引きする。

【0015】

【作用】以上のような構成において、コア組成のフッ化物ガラスロッドとクラッド組成のフッ化物ガラス管をそれぞれ独立に作製し、コア用ガラスロッドをクラッド用

4

ガラス管に挿入し、延伸することにより導波構造を形成し、ジャケット延伸を繰り返すことによりファイバを作製するため、従来技術で説明した界面の再加熱による結晶化の問題を回避でき、損失の低いファイバを作製できると共に、コア径の極めて細いファイバを作製できる。特に、光増幅用ファイバとしては、コア径の極めて小さい単一モードファイバの作製が必要となり、従来の多モードファイバあるいは通信用単一モードファイバの作製に比べ、母材のジャケット延伸を数多く繰り返す必要がある。このような工程において、低損失ファイバを実現するためには、結晶核を含まない高品質な母材を必要とするため、コア/クラッド界面の再加熱のない本発明の方法は、この点において従来法に比べ優れている。

【0016】

【実施例】以下、この発明を図示する実施例に基づいて詳細に説明する。図1ないし図4は、1本のコアガラスロッドと3本のジャケット管を使用し、コアガラスロッドと第1ジャケット管で細径プリフォームを作製し、この細径プリフォームを第2・第3ジャケット管に挿入して線引きする第1実施例、図5、図6は、1本のコアガラスロッドと3本のジャケット管を使用し、コアガラスロッドと第1ジャケット管で太径の母材を作製し、順次第2、第3ジャケット管に挿入して延伸する第2実施例、図7、図8は、1本のコアガラスロッドと2本のジャケット管を使用し、コアガラスロッドを延伸して細径プリフォームを作製し、この細径プリフォームを第1・第2ジャケット管に挿入して線引きする第3実施例、図9は第1実施例において組成・寸法を異ならせた第4実施例を示す。なお、本発明はこれらの実施例によって何ら制限されるものではない。

【0017】＜実施例1＞この実施例のファイバに使用したガラス系は、次表の通りである。

【表1】

	成分 (モル%)							
	ZrF <sub>4</sub>	BaF <sub>2</sub>	LaF <sub>3</sub>	YF <sub>3</sub>	AlF <sub>3</sub>	LiF	PbF <sub>2</sub>	NaF
コア組成	56	14	3.5	2	2.5	7	14	-
クラッド組成	47.5	23.5	2.5	2	4.5	-	-	20

注) コアには500ppmのPrを含む。

【0018】図1に、本実施例における光ファイバ作製のフローチャートを示す。

- (1) コアガラスロッド11を円筒形の鋳型へのキャスト

イングによって作製し、ジャケット管12はローテーションキャスト法により3本作製した。作製したコアガラスロッド11の外径は6mmであった。作製した



ジャケット管12は、内径6.5mm、外径12mmが1本(12-1)、内径6mm、外径12mmが2本(12-2, 12-3)であった。コアガラスロッド11は表面を耐水研磨紙4000番で研磨し、その後 $ZrOCl_2$ の塩酸溶液でエッチングした。ジャケット管12の表面も同様の処理を行った。

【0019】(2) このようにして作製したコアガラスロッド11を、先ず内径6.5mm、外径12mmの第1ジャケット管12-1に挿入し、フッ素樹脂(テフロンFEP)を被覆材として用い、ジャケット管内部を1Torr以下の減圧に保ちつつ延伸することにより、外径300 $\mu m$ 、コア径153 $\mu m$ の細径プリフォーム(準ファイバ)13を作製した。作製した細径プリフォーム13は、テフロンFEPを取り除き、表面を $ZrOCl_2$ の塩酸溶液でエッチングした。

【0020】(3) 内径6mm、外径12mmの第2ジャケット管12-2を、テフロンFEPを被覆材とし内部に脱水したArガスを流しつつ、外径5.5mmに延伸し、延伸ジャケット管12-2'を得た。延伸後の内径は2.75mmとなり、この延伸によってジャケット管の内径を小さくすることで、後述する工程で細径プリフォームを挿入した後、延伸する際、コアの偏心を最小限に抑えることができる。

【0021】(4) 前述のようにして作製した細径プリフォーム13を、延伸ジャケット管12-2'に挿入し、さらにこれらを外径12mm、内径6mmの第3ジャケット管12-3に挿入し、内部を1Torr以下の減圧に保ちつつ線引きすることにより、外径125 $\mu m$ のファイバ14を作製した。被覆材にはUV硬化アクリレート樹脂を用いた。

【0022】以上のようにして得られたファイバ14のコア径は1.7 $\mu m$ 、比屈折率差は3.7%である。従って、カットオフ波長0.9 $\mu m$ の単一モードファイバであった。ファイバの端面のSEM観察を行った結果、コア/クラッド界面およびジャケット管界面には、変質や結晶化による不整は認められず、本実施例の方法により界面の不整による散乱損失の小さいファイバが作製できることがわかった。

【0023】本発明では、コアガラスロッド作製の後、表面を研磨・エッチングしたものを母材の作製に使用するが、エッチング後のガラス表面には0.1 $\mu m$ 程度の荒れが生じる。しかし、本発明の方法では母材は最終的に10000倍に延伸されるため、表面の荒れは無視できる。さらに、本発明で作製する光ファイバの構造は、コアガラスのロッドの径とクラッドガラス管の径と厚さによって正確に制御できる。ここで、本発明の方法ではキャストイングに使用する鋳型の形状あるいはキャストイング後の研磨によって長手方向に外径の均一なガラスロッドの作製が可能であるため、長尺にわたりコア径の安定したファイバの作製が可能になるという利点もある。

【0024】損失測定の結果を図2に示す。図2のように得られたファイバの損失は1.2 $\mu m$ で15dB/kmであり、光増幅に使用するファイバとして十分に低損失なファイバが得られた。さらに、本実施例で使用したジャケット管の長さは130mmであり、その結果、得られたファイバ長は約1kmであった。コア径はファイバ全長において変化はなく、 $\pm 0.1\%$ であり、偏心率も0.1%以下であった。

【0025】作製したファイバを用いて1.3 $\mu m$ 帯の光増幅特性を測定した。図3に実験の構成図を示す。励起光源としては、Tiサファイアレーザ(1.017 $\mu m$ )110を用い、信号光としては波長可変LD光源111を用いた。WDM(波長分割多重)カップラー112により励起光と信号光とをカップルさせ、20m長の本実施例1のPrドープフッ化物光ファイバ113に入射させた。出射側端にアイソレータ114を挿入し、レーザ発振を抑えた。信号光はフィルタ115を介して光スペクトルアナライザ116およびパワーメータ117によりモニターし、利得は励起光のオン・オフ状態の信号強度比より求めた。

【0026】図4に1.31 $\mu m$ における利得の励起光依存性を示す。図4の傾きから求めた利得係数は0.21dB/mWであり、本発明のファイバを用いることによって効率の高い光増幅器が作製できることがわかった。

【0027】＜実施例2＞ガラス系は、実施例1と同様のものを使用した。図5に、本実施例における光ファイバ作製のフローチャートを示す。

(1) コアガラスロッド21を円筒形の鋳型へのキャストイングによって作製し、ジャケット管22はローテーションキャスト法により作製した。作製したコアガラスロッド21の外径は3mmであった。作製したジャケット管22は、内径4mm、外径12mmが1本(22-1)、内径4mm、外径15mmが2本(22-2, 22-3)であった。コアガラスロッド21は表面を耐水研磨紙4000番で研磨し、その後 $ZrOCl_2$ の塩酸溶液でエッチングした。ジャケット管22の表面も同様の処理を行った。

【0028】(2) このようにして作製したコアガラスロッド21を、内径4mm、外径12mmの第1ジャケット管22-1に挿入し、テフロンFEPを被覆材として用い、ジャケット管内部を1Torr以下の減圧に保ちつつ延伸することにより、外径3.5mm、コア径0.898mmの第1母材23-1を作製した。作製した母材23-1は、テフロンFEPを取り除き、表面を $ZrOCl_2$ の塩酸溶液でエッチングした。

【0029】(3) 作製した第1母材23-1を、内径4mm、外径15mmの第2ジャケット管22-2に挿入し、テフロンFEPを被覆材として用い、ジャケット管内部を1Torr以下の減圧に保ちつつ延伸することにより、外径3.5mm、コア径0.211mmの第2母材23-2を作製し

た。作製した母材23-2は、テフロン FEPを取り除き、表面を $ZrOCl_2$ の塩酸溶液でエッチングした。

【0030】(4) エッチング後の第2母材23-2を、内径4mm、外径15mmの第3ジャケット管22-3に挿入し、テフロン FEPを被覆材として用い、ジャケット管内部を1Torr以下の減圧に保ちつつ延伸することにより、外径 $125\mu m$ のファイバ24を作製した。被覆材にはUV硬化アクリレート樹脂を用いた。

【0031】以上のようにして得られたファイバ24のコア径は $1.7\mu m$ 、比屈折率差は3.7%である。従って、カットオフ波長 $0.95\mu m$ の単一モードファイバであった。損失測定の結果を図6に示す。図6のように得られたファイバの損失は $1.1\mu m$ で20dB/kmであり、光増幅に使用するファイバとして十分に低損失なファイバが得られた。さらに、本実施例で使用したジャケット管の長さは140mmであり、その結果、得られたファイバ長は約2kmであった。コア径はファイバ全長において変化はなく、 $\pm 0.1\%$ であり、偏心率も0.1%以下であった。実施例1と同様の方法で、作製したファイバを用いて $1.3\mu m$ 帯の光増幅を行い、利得係数0.20dB/mWを得た。

【0032】＜実施例3＞ガラス系は、実施例1と同様のものを使用した。図7に、本実施例における光ファイバ作製のフローチャートを示す。

(1) コアガラスロッド31を円筒形の鋳型へのキャストイングによって作製し、ジャケット管32はローテショナルキャストイング法により作製した。作製したコアガラスロッド31の外径は4mmであった。作製したジャケット管32は、内径4mm、外径15mmが2本(32-1, 32-2)であった。コアガラスロッド31は表面を耐水研磨紙4000番で研磨し、その後 $ZrOCl_2$ の塩酸溶液でエッチングした。ジャケット管32の表面も同様の処理を行った。

【0033】(2) このようにして作製したコアガラスロッド31を、テフロン FEPを被覆材として用い、延伸す

ることにより、外径 $200\mu m$ の細径プリフォーム(コアのみのファイバ)33を作製した。作製した細径プリフォーム33は、テフロン FEPを取り除き、表面を $ZrOCl_2$ の塩酸溶液でエッチングした。

【0034】(3) 内径4mm、外径15mmの第1ジャケット管32-1を、テフロン FEPを被覆材とし内部に脱水したArガスを流しつつ、外径3.5mmに延伸し、延伸ジャケット管32-1'を得た。延伸後の内径は0.93mmとなり、この延伸によってジャケット管の内径を小さくすることで、後述する工程でファイバを挿入した後、延伸する際、コアの偏心を最小限に抑えることができる。

【0035】(4) 作製した細径プリフォーム33を、内径0.93mm、外径3.5mmの延伸ジャケット管32-1'に挿入し、さらに内径4mm、外径15mmの第2ジャケット管32-2に挿入し、ジャケット管内部を1Torr以下の減圧に保ちつつ線引きすることにより、外径 $125\mu m$ のファイバ34を作製した。被覆材にはUV硬化アクリレート樹脂を用いた。

【0036】以上のようにして得られたファイバ34のコア径は $1.7\mu m$ 、比屈折率差は3.7%である。従って、カットオフ波長 $0.9\mu m$ の単一モードファイバであった。損失測定の結果を図8に示す。図8のように得られたファイバの損失は $1.1\mu m$ で26dB/kmであり、光増幅に使用するファイバとして十分に低損失なファイバが得られた。さらに、本実施例で使用したジャケット管の長さは140mmであり、その結果、得られたファイバ長は約2kmであった。コア径はファイバ全長において変化はなく、 $\pm 0.1\%$ であり、偏心率も0.1%以下であった。実施例1と同様の方法で、作製したファイバを用いて $1.3\mu m$ 帯の光増幅を行い、利得係数0.19dB/mWを得た。

【0037】＜実施例4＞この実施例のファイバに使用したガラス系は、次の通りである。

【表2】

	成分(モル%)							
	ZrF <sub>4</sub>	BaF <sub>2</sub>	LaF <sub>3</sub>	YF <sub>3</sub>	AlF <sub>3</sub>	LiF	PbF <sub>2</sub>	NaF
コア組成	54	16	3.5	-	2.5	10	14	-
クラッド組成	51	18.5	4	2	4.5	-	-	20

【0038】図9に、本実施例における光ファイバ作製のフローチャートを示す。

(1) コアガラスロッド41を円筒形の鋳型へのキャスト

イングによって作製し、ジャケット管42はローテショナルキャストイング法により作製した。作製したコアガラスロッド41の外径は5mmであった。作製したジャ

ケット管42は、内径6mm、外径12mmが2本(41-1, 41-3)、内径4mm、外径15mmが1本(41-2)であった。コアガラスロッド41は表面を耐水研磨紙4000番で研磨し、その後 $ZrOCl_2$ の塩酸溶液でエッチングした。ジャケット管42の表面も同様の処理を行った。

【0039】(2) このようにして作製したコアガラスロッド41を、内径6mm、外径12mmの第1ジャケット管42-1に挿入し、テフロン FEPを被覆材として用い、ジャケット管内部を1Torr以下の減圧に保ちつつ延伸することにより、外径 $400\mu m$ 、コア径 $173\mu m$ の細径プリフォーム43を作製した。作製した細径プリフォーム43は、テフロン FEPを取り除き、表面を $ZrOCl_2$ の塩酸溶液でエッチングした。

【0040】(3) 内径4mm、外径15mmの第2ジャケット管42-2を、テフロン FEPを被覆材とし内部に脱水したArガスを流しつつ、外径5.5mmに延伸し、延伸ジャケット管42-2'を得た。延伸後の内径は1.47mmとなり、この延伸によってジャケット管の内径を小さくすることで、後述する工程で細径プリフォームを挿入した後、延伸する際、コアの偏心を最小限に抑えることができる。

【0041】(4) 前述のようにして作製した細径プリフォーム43を、延伸ジャケット管42-2'に挿入し、さらにこれらを外径12mm、内径6mmの第3ジャケット管43-3に挿入し、内部を1Torr以下の減圧に保ちつつ線引きすることにより、外径 $125\mu m$ のファイバ44を作製した。被覆材にはUV硬化アクリレート樹脂を用いた。

【0042】以上のようにして得られたファイバ44のコア径は $1.85\mu m$ 、比屈折率差は3.7%である。従って、カットオフ波長 $0.98\mu m$ の単一モードファイバであった。ファイバの端面のSEM観察を行った結果、コア/クラッド界面およびジャケット管界面には、変質や結晶化による不整は認められず、本実施例の方法により界面の不整による散乱損失の小さいファイバが作製できることがわかった。

【0043】損失測定の結果、ファイバの損失は $1.1\mu m$ で15dB/kmであり、光増幅に使用するファイバとして十分に低損失なファイバが得られた。さらに、本実施例で使用したジャケット管の長さは130mmであり、その結果、得られたファイバ長は約1kmであった。コア径はファイバ全長において変化はなく、 $\pm 0.1\%$ であり、偏心率も0.1%以下であった。実施例1と同様の方法で、作製したファイバを用いて $1.3\mu m$ 帯の光増幅を行い、利得係数は0.21dB/mWを得た。

【0044】

【発明の効果】前述の通り、この発明の製造方法は、コア組成のガラスロッドとクラッド組成のガラス管を独立に作製し、コアガラスロッドをクラッドガラス管に挿入

して延伸し、これを複数回繰り返してファイバを得るようにしたため、損失が低くコア径の極めて細いフッ化物光ファイバが作製できる。さらに、本発明の方法はコア組成のガラスロッドとクラッド組成のジャケット管を別に作製し、ジャケット延伸を繰り返すことによってファイバが作製できるため、この方法を用いることにより導波構造を精密に制御したファイバが可能となる。また、コア/クラッド界面が再加熱されず、界面の結晶化による散乱損失の増加が生じないため、損失の低いファイバが作製できる。特に、光増幅に使用するファイバは細径のコアを有する必要があるため、複数回のジャケット延伸が必要になるが、本発明の方法においては、界面の結晶化あるいは核生成のないコアロッドが使用できるため、従来方法に比べ低損失なファイバが作製できる。以上の結果、増幅媒体として使用した場合、増幅効率の高い光増幅器が安定に作製できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例1における光ファイバ製造方法のフローチャートである。

20 【図2】実施例1により作製した光ファイバの損失スペクトルを示すグラフである。

【図3】増幅特性の評価系を示す概略図である。

【図4】実施例1で作製した光ファイバを用いて測定した利得の励起光依存性を示すグラフである。

【図5】この発明の実施例2における光ファイバ製造方法のフローチャートである。

【図6】実施例2により作製した光ファイバの損失スペクトルを示すグラフである。

30 【図7】この発明の実施例3における光ファイバ製造方法のフローチャートである。

【図8】実施例3により作製した光ファイバの損失スペクトルを示すグラフである。

【図9】この発明の実施例4における光ファイバ製造方法のフローチャートである。

【符号の説明】

1 1	コアガラスロッド	2 1
	コアガラスロッド	
1 2-1	第1ジャケット管	2 2-1
	第1ジャケット管	
1 2-2	第2ジャケット管	2 2-2
	第2ジャケット管	
1 2-2'	延伸ジャケット管	2 2-3
	第3ジャケット管	
1 2-3	第3ジャケット管	2 3-1
	第1母材	
1 3	細径プリフォーム	2 3-2
	第2母材	
1 4	単一モードファイバ	2 4
	単一モードファイバ	
50 3 1	コアガラスロッド	4 1

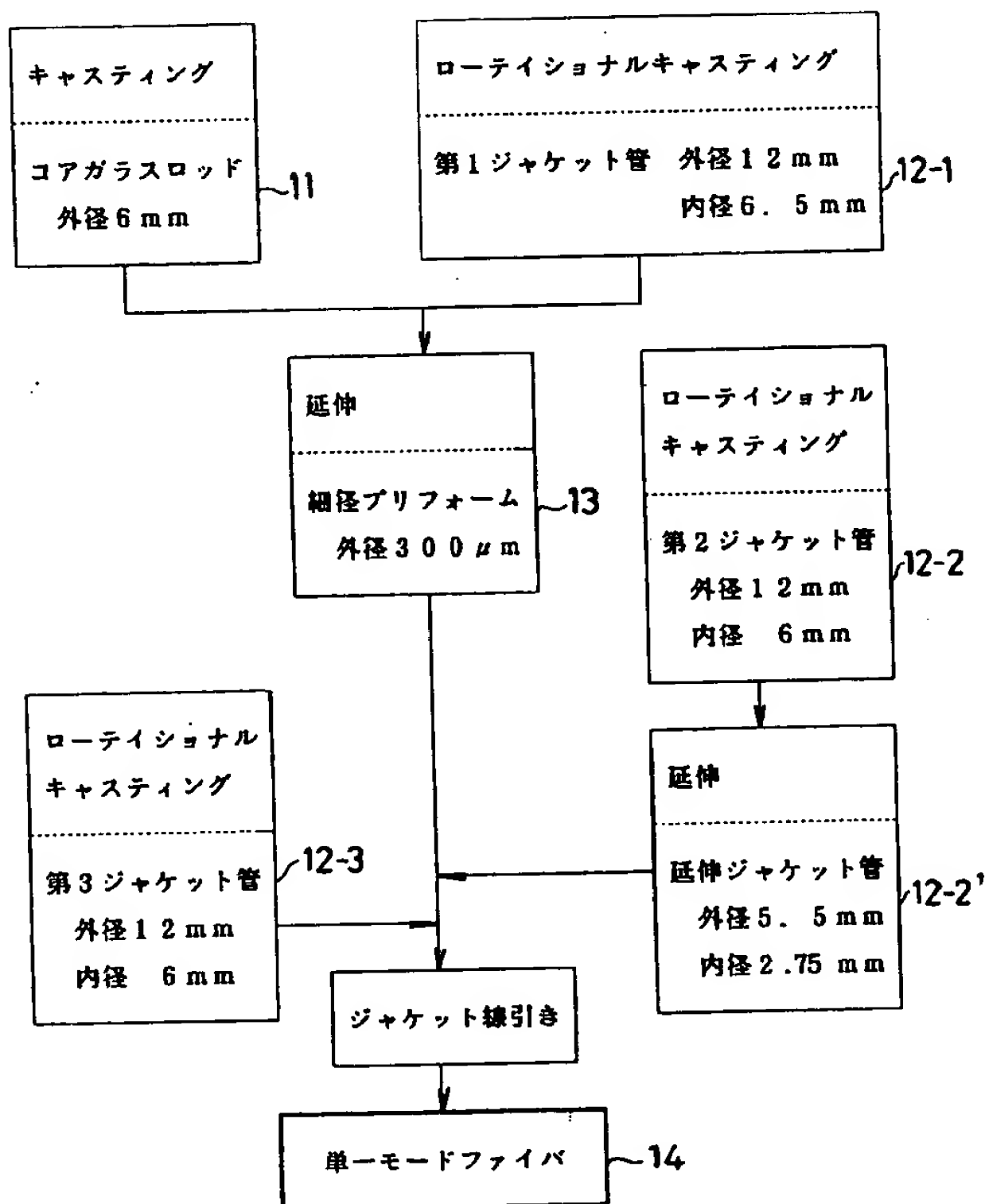
11  
コアガラスロッド  
32-1 第1ジャケット管  
第1ジャケット管  
32-1' 延伸ジャケット管  
第2ジャケット管  
32-2 第2ジャケット管

42-1  
42-2  
42-2'

12  
延伸ジャケット管  
33 細径プリフォーム  
第3ジャケット管  
34 単一モードファイバ  
細径プリフォーム  
44 単一モードファイバ

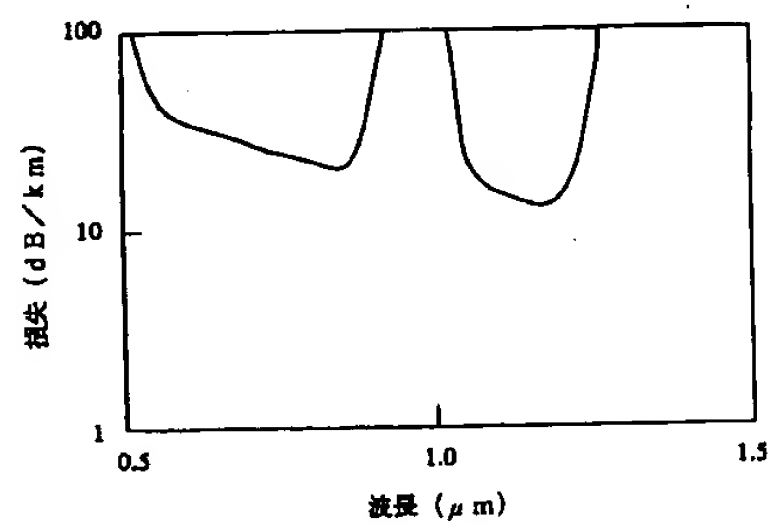
42-3  
43

【図1】

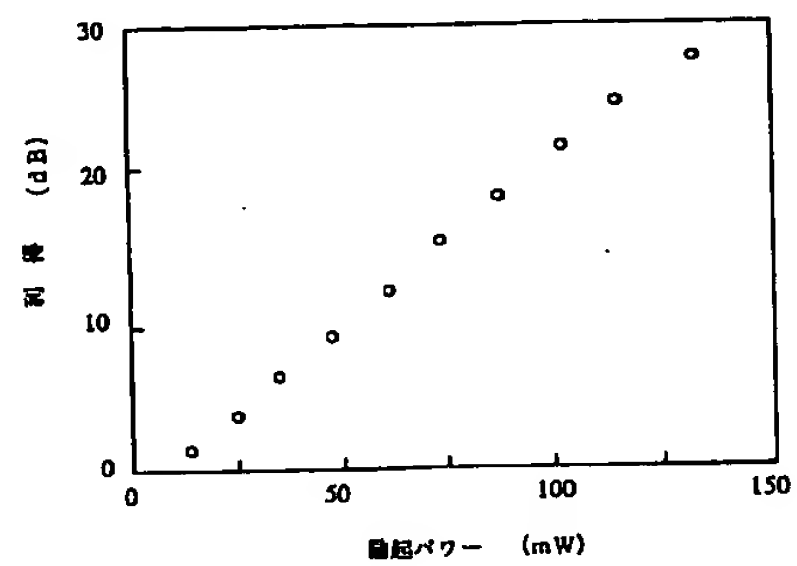




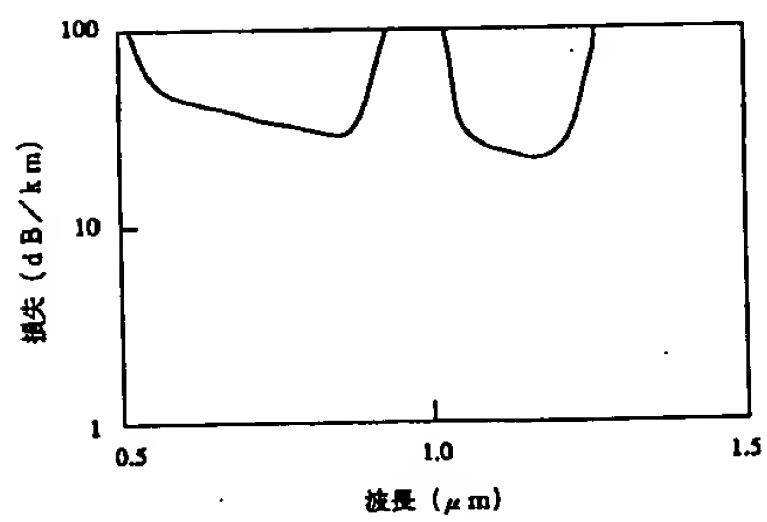
【図2】



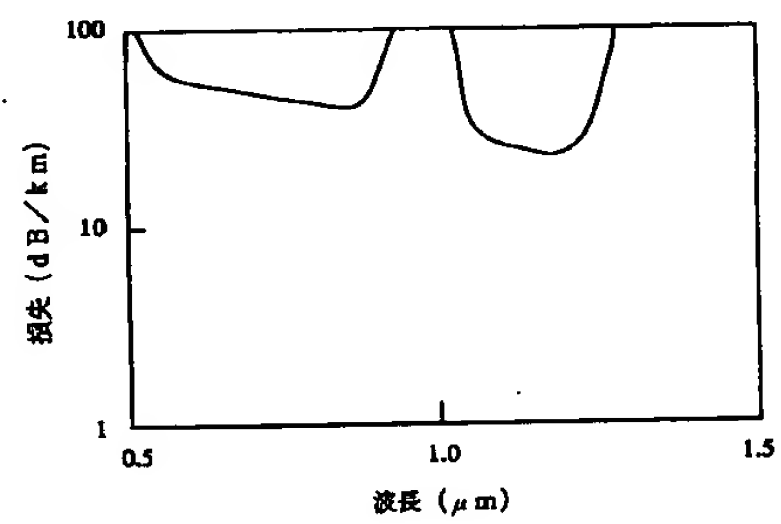
【図4】



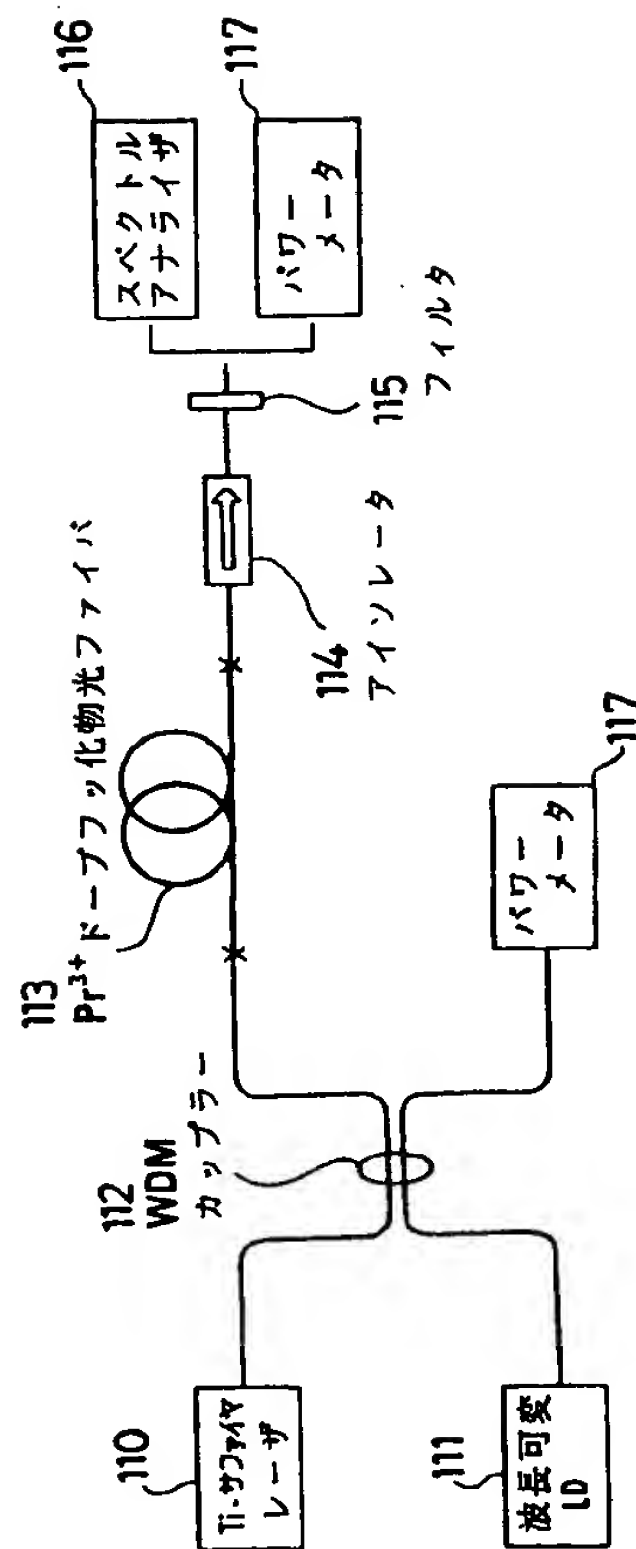
【図6】



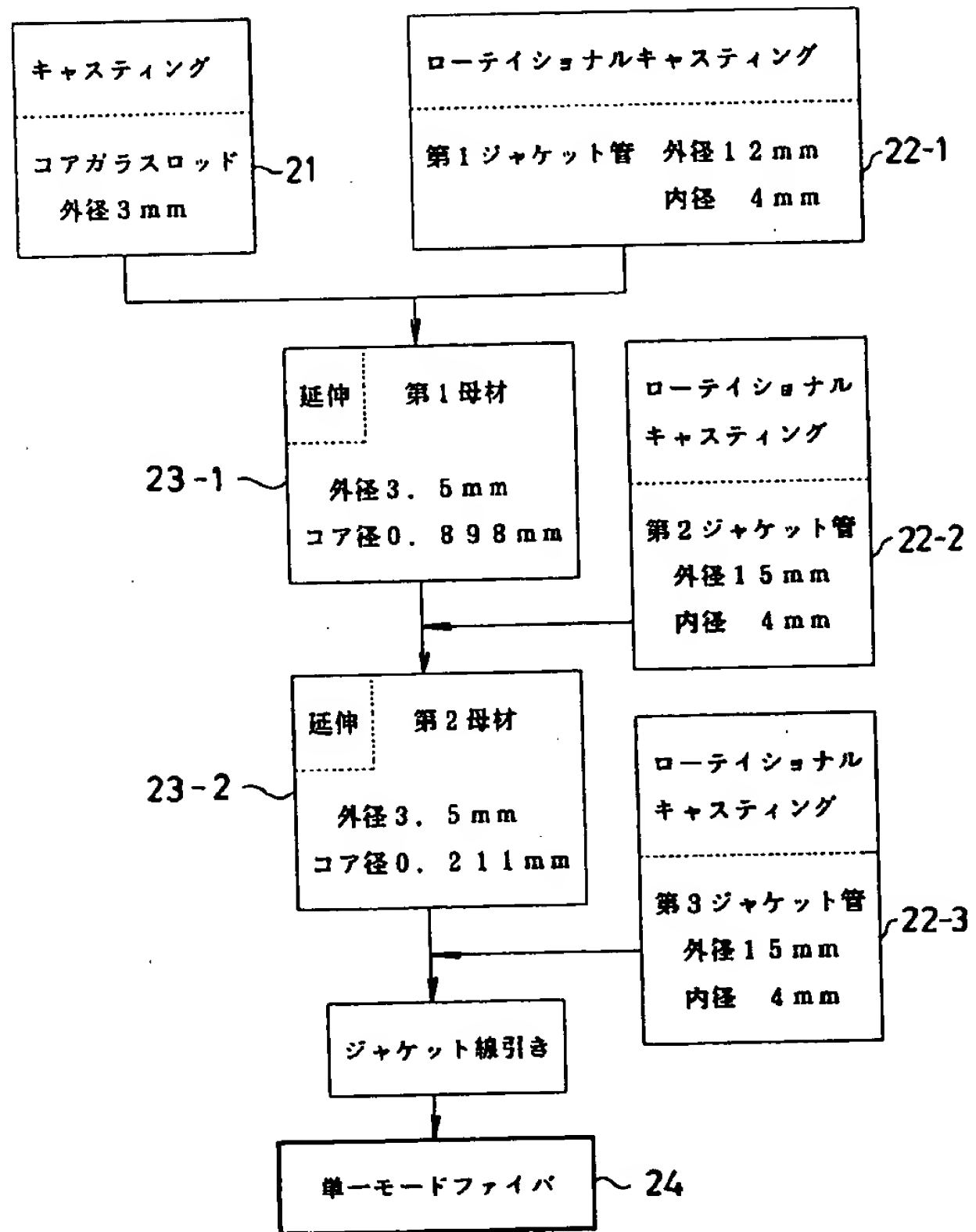
【図8】



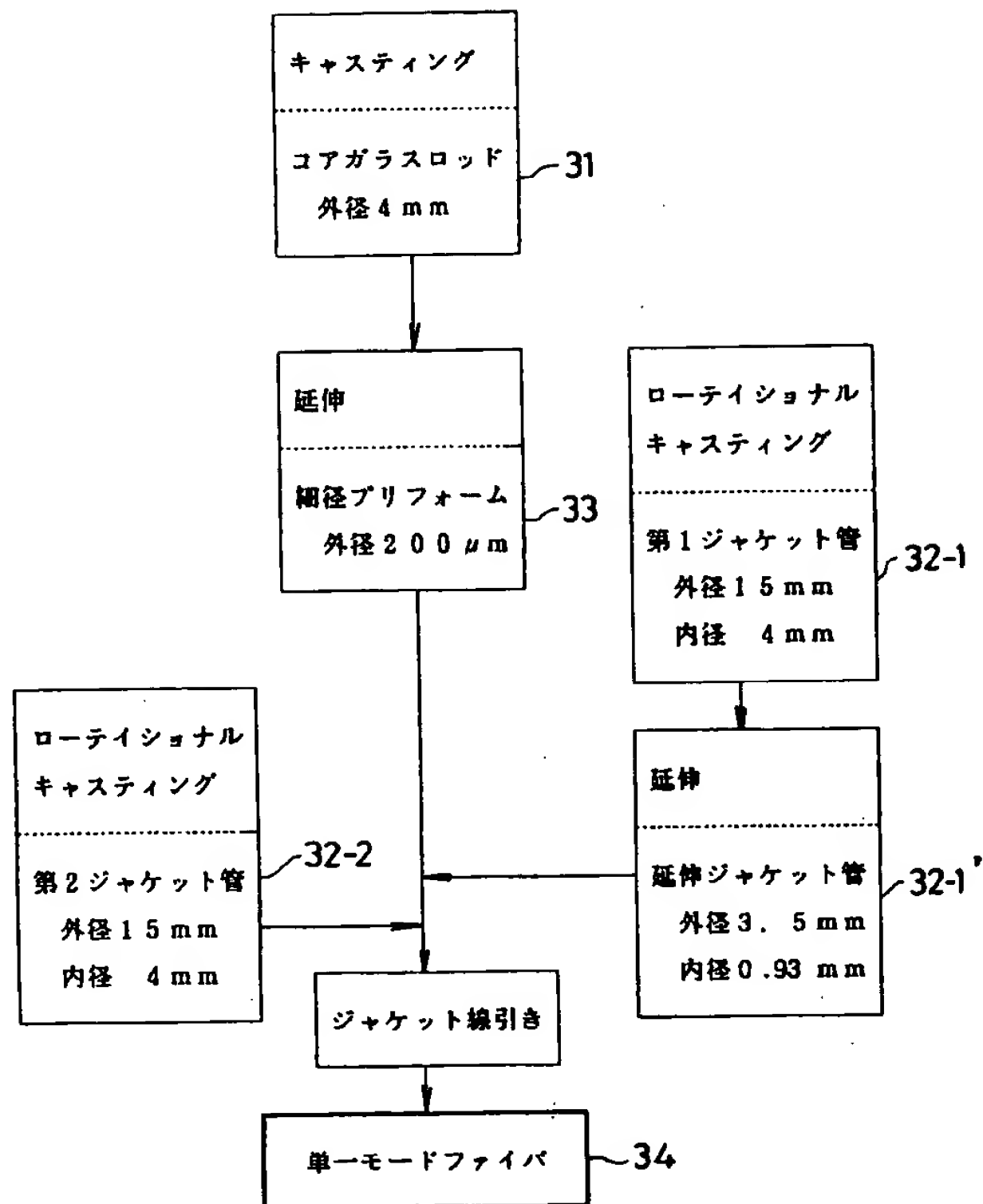
【図3】



【図5】

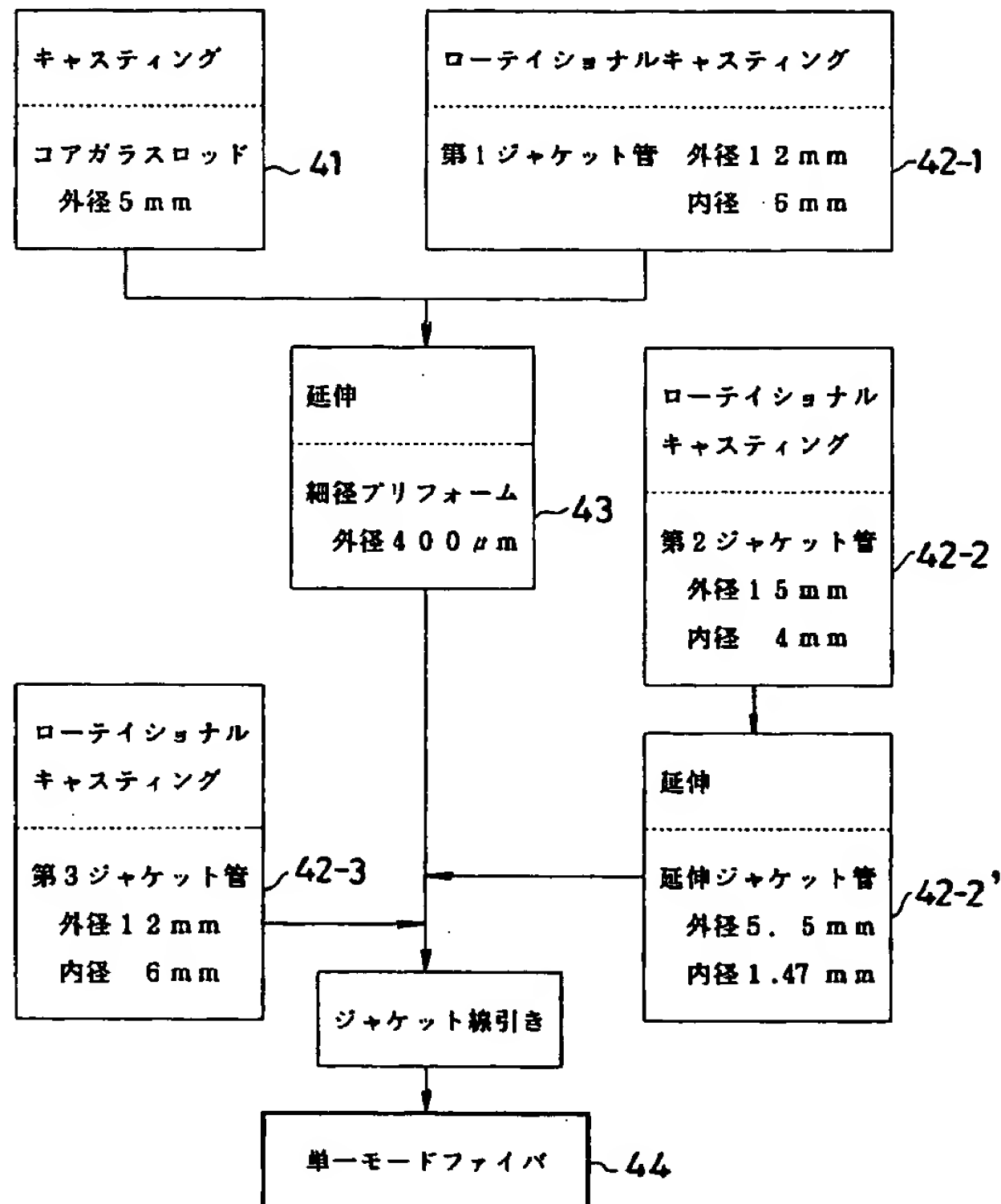


【図7】





【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 金 森 照 寿  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内  
(72)発明者 照 沼 幸 雄  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 西 田 好 毅  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内  
(72)発明者 森 淳  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内